中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）45(1)：57～68（1996）

隧道式設施及施用苦土石灰和稻殼對山葵產量與品質之影響[1]

王鐘和[2]　王貴美[3]　胡敏夫[4]

摘要：針對本省阿里山達邦地區山葵產量及品質均低之缺憾，本試驗探討隧道式設施及施用苦土石灰和稻殼對山葵產量及品質之影響：施用苦土石灰提昇達邦地區酸性土壤之 pH 值，顯著提高山葵全株鮮重及根莖鮮重之產量。施用稻殼之效果不顯著，可能係試區土壤有機質含量高及土壤經過翻鬆，各處理區總體密度均低之故。隧道式設施造成遮光率較高，致使冬季至春季山葵快速生長期間，山葵之生長量顯著低於無隧道式設施者。隧道式設施確有減輕傳播性病害之功能，顯著降低植體經由眞菌*Phoma wasabiae* Yokogi 感染而形成條斑病（streak disease）之程度。故達邦地區山葵生育過程中，因季節不同其適宜之遮蔽程度亦應不同，宜採機動之遮蔽方式，於夏季高溫時期設置簡易之隧道式設施或遮陰網以降低透光率，既有利於山葵生長，且可防止夏季多量雨水造成對植株之直接傷害及病害傳播。山葵根莖黑心症嚴重度（black rot severity %）及條斑病嚴重度（streak disease severity %）均與植體中鈣及硼之含量呈負相關。根莖黑心症嚴重度與條斑病嚴重度之間則呈正相關。

關鍵詞：苦土石灰、稻殼、隧道式設施、山葵。

山葵（*Wasabia japonica* Matsum）爲十字花科之多年生草本植物，喜陰溼環境，生育適溫爲8～18°C，通常被栽培於高冷地之衫木下。全株均具有獨特風味，以香、辛、甘及粘等四種特性傲居所有香辛料作物之上，非爲人工替代物所能比擬。含芥子油類與糖類結合成配醣體，各種酵素及維生素等，有促進食慾、防腐及抗菌特性，並有解毒、發汗、利尿及淸血等功用，常作爲吃生魚片之佐料[15]。本省山葵栽培歷史，經查考始於民國3年，由日人佐藤昌氏自日本引進至阿里山栽培，至今已80年[4,14]。依足立氏報告[15]日本旱田栽培山葵一般施肥方法爲基肥施用雞糞100kg/10a、熔磷40kg/10a及苦土石灰150kg/10a，均於種植前撒施，隨即翻犁混合。山葵種植後則施用化成肥料（含 N 14%、P_2O_5 14%、K_2O 14%）作爲追肥，春季追肥與秋季追肥同量，各爲160kg/10a。胡等[6]「山葵臺農1號之育成」報告中之肥料試驗資料，則指出化學肥料施用量最高區之產量最高，其用量爲施用臺肥複合1號900kg/ha（含 N 180kg/ha、P_2O_5 45kg/ha、K_2O 90kg/ha）。而本省農民在高利潤誘惑下，爲提高山葵之產量，多年來均施用大量肥料。據連氏及李氏[13]調查報告，阿里山地區農民栽培一作山葵之期間，所施用雞糞和複合肥料之量各達16 ton/ha 及11 ton/ha之譜。

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1831 號。
2. 本所農業化學系助理研究員。
3. 本所植病系助理。
4. 本所農藝系助理研究員。

據廖氏報告[14]阿里山地區栽培之山葵感染黑心病相當嚴重且普遍，其感病率高達100%，感病程度有輕有重，外銷日本必須切除罹病的部位，因此，外銷部份常只及採收量的30%，影響農民收益甚巨。本省農民一般所稱的黑心病，係指山葵根莖內髓（pith）組織部份具有黑色徵狀，其程度有輕有重，輕者呈黑灰色，重者則呈黑色，更嚴重時甚至腐爛呈黑色空心狀。根莖內黑灰色或黑色徵狀發生之範圍有大有小，大者幾乎佔滿整個根莖縱切面，輕者則成小點狀。仔細的檢視根莖縱切面可以發現部份根莖除了上述徵狀外，尚有一種維管束褐化之徵狀，日本栽植之山葵亦有此種情形。據報告[15]此種維管束褐化的現象係由一種眞菌類的病原菌 *Phoma wasabiae* Yokogi感染所致，日本稱之爲墨入病。一般由根莖受感染部位之維管束先褐化，並向上或向下延伸。維管束褐化之長度，有長有短，此種褐化之維管束，從根莖之縱切面觀察似褐黑色的線條，因此亦稱爲山葵條斑病（wasabi streak disease）[16]。根莖有上述徵狀時，農民不但要多僱工切除罹病的部位，增加工資支出，根莖產量也因而降低，並且亦因根莖一部份被切除，商品等級下降，造成每公斤售價下降，確實對農民的收益造成極大的損害。

因此，爲改善此種根莖普遍具有黑心病症之情形，探究形成之原因及解決之道。本試驗將根莖之病症區分爲黑心症（根莖內髓細胞部位具黑色徵狀者），及條斑病（維管束褐化者）兩種，探討其發生情形與營養狀況間之關係。

材料與方法

一、試驗地點之土壤理化性質及試驗處理

試驗前採自試驗區土壤之分析值列於表 1。表中表土及底土之 pH 值分別爲5.1與4.9，係強酸性土壤。據報告適宜山葵生長之土壤 pH 值爲6.0～7.0[15]，故爲求得中和土壤酸性至 pH 6.0所需之石灰需要量，並顧及強酸性土壤可能鎂含量不高，乃稱取土壤加入不同量之苦土石灰（比例爲0、1、2、3及4g. Kg^{-1}）混合均勻於250ml 之三角瓶中，置於恆溫箱中維持在30°C之狀況，孵育30日後測定 pH 值，結果如圖1。圖1顯示施用苦土石灰3及4g·Kg^{-1}可提昇 pH 值至5.9及6.2，爲避免土壤 pH 值改變過劇，乃選擇施用3g·Kg^{-1}。因預計翻犁之深度爲20公分，且表底層土壤粒徑小於2mm 之部份約佔全土壤之一半（表1），故苦土石灰用量定爲3公噸／公頃。表土及底土小於2mm 之土壤，質地分別爲黏質壤土及坋質黏土，屬細質地土壤。由於栽培山葵理想之土壤爲排水良好之壤土或砂壤土[15]，故設計施用稻殼以改良土壤之物理性，以適宜山葵生長。另外爲防止傳播性病害之感染，部分處理則給予隧道式設施（寬2公尺、高1.5公尺）。處理內容如後；

表 1. 供試土壤理化性質

Table 1. Some physical and chemical properties of the experimental field

Item / Soil depth (cm)	Soil particle fraction (%) >4.75	4.75～2	<2 (diameter; mm)	Texture (<2mm soil) sand	silt %	clay	pH (1:1)	Organic matter %	CEC me/100g	Bray No. 1 P ppm	Mehlichs No. 1 K ppm	Hot water soluble B ppm
0—15	30.5	18.1	51.4	44.6	25.3	30.1	5.08	9.36	9.20	18.0	67.2	0.19
					Clay Loam							
15—30	32.0	19.6	48.4	16.9	40.2	42.9	4.88	5.85	8.76	13.5	70.5	0.18
					Silty Clay							

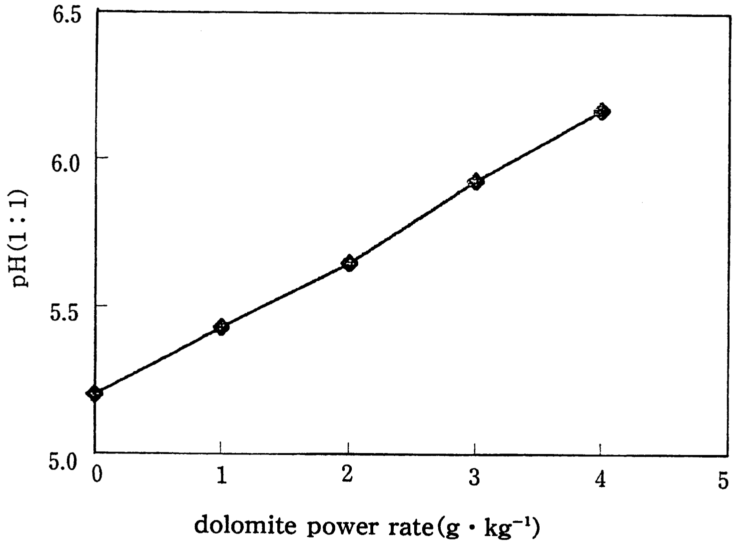

圖 1. 苦土石灰用量與 pH 值之相關
Fig. 1. Relationship between the rates of dolomite powder and the pH values of soil.

A. 有隧道式設施，施用苦土石灰（3t／ha）和稻殼（30t／ha）。
B. 有隧道式設施，僅施苦土石灰（3t／ha）。
C. 無隧道式設施，施用苦土石灰（3t／ha）和稻殼（30t／ha）。
D. 無隧道式設施，僅施苦土石灰（3t／ha）。
E. 慣行栽培法（無隧道式設施，不施苦土石灰和稻殼）。

各處理區均施用臺肥複合肥料5號（16：8：12）1,200kg/ha，施用方法乃50%當基肥，另外50%於隔年秋季時作爲追肥施用。各處理均依當地農民習慣施用有機質肥料，因爲表土及底土之有機質含量高達9.4及5.9%，故施用量較農民之慣用量減半，爲10ton/ha。A、B、C 及 D 各處理均施用之有機質肥料爲甘雨特肥，爲一種雞糞堆肥，內含 N 3.2%、P_2O_5 2.3%及 K_2O 2.5%，另外因製造過程中混合硼砂，故含有硼0.4%。E 處理區施用農民慣用之雞糞堆肥則未含硼砂，內含 N 3.6%、P_2O_5 2.9%及 K_2O 2.4%。苦土石灰、稻殼及有機質肥料均於種植前一個月撒施於土表，隨即翻犁（實際翻犁深度約25～30公分）。各小區均設置塑膠水管，於土壤乾燥時進行滴灌。

二、試驗設計：逢機完全區集排列，5處理，4重複。行株距40cm×20cm，每區種植4行，小區面積12m²（6m×2m），每小區種植120株，全部試區面積約240m²。

三、供試品種：山葵臺農1號。

四、栽培地點：阿里山鄉達邦村原住民保留地（海拔1,300m），試區土壤性質如表 1。

五、試驗期間：1990年10月至1992年6月。

六、調查項目：調查株高、葉數、分蘖數、全株及根莖產量，分析土壤理化性質[1]及熱水可溶硼含量[3,8]，測定試區透光度與植體成分分析。並調查葉、葉柄及根莖之品質及黑心症及條斑病發生情形，方法如下：

㈠a. 黑心症株百分率（black rot incidence %）；係收穫時每區調查10株，根莖縱切面具黑色徵狀之株數百分率。

b. 黑心症嚴重度（black rot severity %）：係將根莖縱切面黑心程度分爲5級；分別爲0級：無任何黑色徵狀者，1級：根莖縱切面黑色徵狀者面積佔全面積0～10%者，2級：根莖縱切面黑色徵狀面積佔全面積11～25%者，3級：根莖縱切面黑色徵狀面積佔全面積26～50%者，4級：根莖縱切面黑色徵狀面積佔全面積50%以上者，再依下式計算所得。

$$\text{黑心症嚴重度}=\frac{1\times n_1+2\times n_2+3\times n_3+4\times n_4}{4\times N}\times 100\%$$

N：調查根莖數

n_1, n_2, n_3, n_4：各級根莖數

(二)a. 條斑病株百分率（streak disease incidence %）；係調查根莖縱切面因眞菌 *Phoma wasabiae* Yokogi 感染而形成之維管束褐化，不論褐化之長短，只要具褐化現象，即予採計。調查方法爲收穫時每區調查10株，根莖縱切面具維管束褐化之株數百分率。

b. 條斑病嚴重度（streak disease severity %）；係將維管束褐化程度分爲5級；分別爲0級：無任何維管束褐化者，1級：根莖縱切面維管束褐化之長度佔全維管束長度0～10%者，2級：根莖縱切面維管束褐化之長度佔全維管束長度11～25%者，3級：根莖縱切面維管束褐化之長度佔全維管束長度26～50%者，4級：根莖縱切面維管束褐化之長度佔全維管束長度50%以上者。再依下式計算所得

$$\text{條斑病嚴重度}=\frac{1\times n_1+2\times n_2+3\times n_3+4\times n_4}{4\times N}\times 100\%$$

N：調查根莖數

n_1, n_2, n_3, n_4：各級根莖數

結果與討論

一、試區土壤 pH 值與水分含量之比較

表2顯示山葵種植時施用苦土石灰區之土壤 pH 值較對照區提高，分別爲表土由5.2提昇爲5.7（A、B、C 及 D 處理平均），提高0.5個單位。底土由5.3提昇爲5.7（A、B、C 及 D 處理平均），提高0.4個單位。沒有如實驗室內孵育試驗值高，可能係土壤翻犁之深度較深，達25～30公分之故。而且試區原有坡度25°，雖然經過延著等高翻犁整平，但試區內土壤之均勻度仍不及一般平地試區，因此 pH 值變異較大，未達顯著差異。收穫時表土之 pH 值則顯示有設施處理區之 pH 值略低於無設施處理，原因可能爲收穫期5月底之前較常下雨，土壤常保持濕潤，故 pH 值上昇。而 A 及 B 處理因有隧道式設施，阻隔部分雨水，土壤含水量較低，土壤較乾燥，致使表土之 pH 值較其它試區低。施苦土石灰之 C 及 D 處理區底土之 pH 值顯著地較同爲施苦土石灰 A 及 B 處理區高，原因可能爲經過長達約20個月之生育期，部份苦土石灰資材下移至底土層。而 A 及 B 處理區則因有隧道式設施，阻止苦土石灰被雨水淋洗下移，故底土之 pH 值低於 C 及 D 處理區。

表 3 土壤水分資料顯示，有隧道式設施之 A 及 B 處理區之土壤含水量除了在種植時及種植後414天採樣時適逢農民灌水，導致土壤含水量與無隧道式設施區相近外，其它時期土壤之水分含量大致均低於無隧道式設施處理區，此與前述隧道式設施阻隔部份雨水，使土壤含水量較低，土壤較乾燥之推論符合。表 4 爲試區之總體密度（bulk density; BD）資料，各處理區之總體密度均低，可能與試區土壤經過翻鬆及有機質含量高有關。惟施用稻殼之 A 及 C 處理區之表層及底層土壤之總體密度仍顯著地較無稻殼區低，顯示施用稻殼使土壤更加疏鬆。

表 2. 試區土壤 pH 值之比較

Table 2. pH value of experimental plot

Treatment	Surface soil pH (0～15cm)		Subsoil pH (15～30cm)	
	Planting	Harvest	Planting	Harvest
A	5.75a[z]	5.50b	5.35a	5.70b
B	5.45a	5.60b	5.88a	5.80b
C	5.79a	5.90ab	5.71a	6.20a
D	5.64a	6.00a	5.75a	6.30a
E	5.23a	5.90ab	5.26a	5.70b

[z] means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

表 3. 試區土壤水分含量之比較

Table 3. Soil water content of experimental plot

Soil depth (cm)	Treatment	Soil water content ($g \cdot g^{-1}$; %)					
		planting[z]	86 DAP[z]	200 DAP	306 DAP	414 DAP	589 DAP
0～15	A	56.0a[y]	55.0a	54.5a	49.0b	63.8a	53.6a
	B	58.8a	53.3a	56.0a	51.0b	62.8a	52.2a
	C	56.8a	59.0a	62.3a	61.5a	64.8a	61.8a
	D	58.5a	56.8a	63.0a	59.3a	58.5a	62.6a
	E	63.3a	52.8a	67.5a	55.5ab	61.5a	59.2a
15～30	A	55.8a	56.0a	55.3a	48.0b	60.8a	54.7a
	B	60.3a	55.0a	61.0a	49.5b	64.8a	54.8a
	C	56.5a	59.3a	61.0a	66.5a	62.3a	55.8a
	D	59.0a	57.5a	66.0a	58.5a	63.5a	56.0a
	E	57.3a	53.0a	62.5a	58.8a	60.8a	54.7a

[z] Sampling time, DAP=Days after planting.
[y] means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

表 4. 試區土壤總體密度之比較

Table 4. Bulk density of experimental plot

Treatment	Surface soil BD ($g \cdot cm^{-3}$) (0～15cm)		Subsoil BD ($g \cdot cm^{-3}$) (15～30cm)	
	Planting	Harvest	Planting	Harvest
A	0.56b[z]	0.82b	0.62bc	0.83c
B	0.68a	0.91a	0.67ab	0.87bc
C	0.57b	0.83b	0.61c	0.88b
D	0.66a	0.91a	0.71a	0.94a
E	0.62ab	0.93a	0.70a	0.97a

[z] means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

二、產量與農藝性狀之比較

表 5 中各處理區植株之株高並無差異，施用苦土石灰處理區（A、B、C 及 D 處理）之分蘗株數目均較對照區（E）增加，C 及 D 處理分別增加達41%及38%，惟因變異大，未達顯著水準。單株可販售根莖數之比較，C 及 D 處理顯著地比對照區（E）多，平均多出53%，但同爲施用苦土石灰之 A 及 B 處理則無增加。其原因應爲 A 及 B 處理有隧道式設施，遮光比率各達86%及87%（表6），較僅依賴天然杉木林遮光 C 及 D 處理之71%顯著較高。以及A 及 B 處理區土壤較 C 及 D 處理區乾燥（表3），土壤 pH 值低於 C 及 D 處理（表2），較不利於山葵之生長。而 E 處理亦僅依賴天然杉木林遮光，因各試區內杉木生長之位置不一致，其遮光比率爲73%，略高於 C 及 D 處理，但統計上未達顯著差異。有關植株生長之情形將於下節中討論。同樣的，C 及 D 處理之全株鮮重收量也顯著地較對照區高（增加156%），及較 A 及 B 處理高（增加60%）。而 A 及 B 處理雖然較對照區高出約60%，惟未達顯著差異。根莖鮮重之收量資料則示施用苦土石灰之 A、B、C 及 D 處理區之收量均顯著地高於對照區，分別爲增加的18%（A 及 B 處理平均），及153%（C 及 D 處理平均）。又 C 及 D 處理與對照區（E）之差別除了苦土石灰及稻殼之有無，尙因 C 及 D 處理施用之雞糞堆肥內含有硼砂，因此該兩處理山葵生育及產量顯著較佳之部份原因，可能爲施硼之效果，有關各處理間植株硼含量之比較，將於後面文章中討論。無隧道式設施之 C 及 D 處理且顯著地高於有隧道式設施之 A 及 B 處理，達2倍以上。綜合以上產量資料，可看出施用苦土石灰提昇土壤 pH 值，顯著地促進屬十字花科植物山葵之生長，提高全株及根莖產量。有關施用石灰資材調整酸性土壤 pH 值至適宜作物生長之範圍，具有促進作物生長，增加作物產量之效果，常被提及[7,10,11,12]。而隧道式設施則不利於山葵生長，降低了苦土石灰之增產效果。表中各項資料亦顯示施用稻殼之 A 及 C 處理與無施稻殼之 B 及 D 處理間並無顯著之差異，其原因可能係試區土壤粒徑大於2mm 之石礫部份，接近50%，且有機質含量高（表 1），使土壤不致於太密實，以及各試區均經徹底翻鬆，土壤總體密度（BD; bulk density）均低（表3）之故。

表 5. 不同處理山葵之產量與農藝性狀

Table 5. Comparison of different treatments on the yield and agronomic of wasabi

Treatment	Plant height cm	Tiller no./plant	Salable rhizome no./plant	Whole plant fresh wt. ton/ha	Rhizome fresh wt. (ton/ha)
A	28.2a[z]	10.6a	1.4b	43.0b	2.86b
B	31.0a	9.0a	1.6b	40.8b	2.88b
C	33.2a	11.8a	2.3a	70.6a	6.48a
D	33.4a	10.9a	2.3a	61.8a	5.90a
E	31.8a	7.8a	1.5b	25.9b	2.45c

[z] means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

表 6. 不同處理區之遮光比率

Table 6. Comparison of light shading percentage of experimental plot

Treatment	A	B	C	D	E
Light shading percentage %	86.4a[z]	86.5a	70.7b	70.7b	72.5b

[z] means with the same letter are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

三、生育期間各處理區植株鮮重之比較

圖 2 顯示有隧道式設施之 A 及 B 處理區之山葵，在冬季及春季植株快速生長期間，鮮重增加之速度明顯的較無隧道式設施之 C 及 D 處理低，顯然該時期高達86%之遮光率（表 6）不利於山葵生長。而 C 及 D 處理區因遮光率較低，平均達71%，透光率較高，山葵生育較佳。足立氏[15]指出日本山葵生長期間所需之遮光率不一，在六至八月高溫期間所需之遮光率最高，該時期遮光率達70%時，最適宜山葵生長。胡等[5]在露地以黑色PE遮陰網進行遮光試驗時，亦指出遮光率70%時，山葵之生育與收量優於遮光率為48%、55%及62%之其它處理。本試驗則顯示在夏季高溫時期，C 及 D 處理因透光率較高，植株易產生嚴重軟腐乾枯，影響生育，導致鮮重下降之幅度大於 A 及 B 處理。此種情形與阿里山地區農民在高海拔（2,000m 左右）國有林班地種植之山葵之生長情形不同。連氏及李氏[13]指出高海拔國有林班地氣溫較低，山葵在冬季時生長停止，春季三月時則莖葉快速生長，同時伴隨著根莖肥大，至六月為生長最茂盛期，七至九月時，因為溫度昇高，氣候炎熱，不適於山葵生長，莖葉停滯不生長。而本試驗地點達邦地區原住民保留地之海拔僅1,300m，溫度較高海拔之國有林班地高，故夏季時造成植株生長停止，甚而使部份葉片乾枯及脫落，重量顯著減輕。而冬季時因溫度不致於過低，故植株仍能生長，春季時則如同林班地栽培之山葵一樣，莖葉快速而茂盛的生長(圖 2)。故在達邦地區合法之原住民保留地種植山葵時，生育過程中，因季節不同其適宜之遮蔽程度亦應不同，宜採機動之遮蔽方式，於夏季高溫時期設置簡易之隧道式設施或遮陰網降低透光率，既有利於山葵生長，且可防止夏季多量雨水造成對植株之直接傷害及病害傳播。

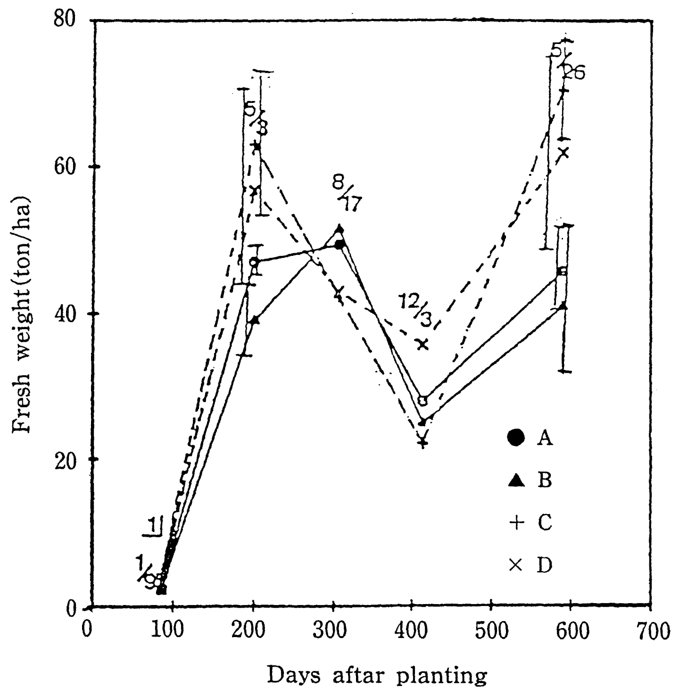

圖 2. 生育期間各處理之全株鮮收量之比較（註1：月／日）

Fig. 2. Comparison of different treatments on whole plant fresh weight at different growth period of wasabi (note 1: month/day)

四、山葵植株品質與鈣、鎂及硼含量比較

表7顯示各處理均有相當比例之根莖具黑色徵狀，經鑑定部份並兼具由眞菌*Phoma wasabiae* Yokogi 感染形成之條斑病（streak disease），其中尤其以 E 處理最嚴重，其黑心症株百分率（black rot incidence）達100%，黑心症嚴重度（black rot severity）亦達63%。其植體中之鈣、鎂及硼含量均顯著低於其它處理，顯示施用苦土石灰明顯地促進山葵對鈣素及鎂素之吸收。而有隧道式設施之 A 及 B 處理，植株地上部之葉（葉片＋葉柄）之鈣及鎂含量均顯著高於無隧道式設施之 C 及 D 處理，原因可能爲遮光率高，造成植株生長較慢，植株內含養分累積，因而濃度昇高。而 C 及 D 處理區則因植株生長快速，造成稀釋作用（dilution effect），使植體中養分濃度下降。又 A、B、C 及 D 處理均施用之有機質肥料爲甘雨特肥，內含有硼砂，而 E 處理施用農民慣用之雞糞堆肥則無。且試區土壤之熱水可溶硼素含量，表土及底土分別爲0.19 ppm 及0.18ppm（表1），屬低硼含量之土壤[18]。故對照區植株硼含量較其它處理區低。

表 7. 根莖黑心症株百分率及黑心症嚴重度與植體鈣、鎂及硼含量之比較

Table 7. Comparison of calcium, magnesium and boron content on the rhizome black rot of wasabi

Treatment	Ca (%)		Mg (%)		B (ppm)		Black rot incidence (%)		Black rot severity(%)
	Leaf+ petiole	Rhizome+ root	Leaf+ petiole	Rhizome+ root	Leaf+ petiole	Rhizome+ root	tiller	rhizome	rhizome
A	2.80a[z]	0.92a	0.45a	0.28a	19.3a	13.8a	45.0ab	75.5b	36.5b
B	2.78a	0.81ab	0.45a	0.26a	19.7a	13.6a	27.5b	72.5b	36.2b
C	2.02b	0.80ab	0.34b	0.27a	21.2a	14.0a	43.4ab	80.0b	38.3b
D	1.76bc	0.66ab	0.32b	0.26ab	17.7ab	12.3ab	50.8ab	82.5b	37.5b
E	1.50c	0.57b	0.29b	0.22b	15.8b	10.8b	64.2a	100a	63.3a

[z] means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

由於鈣及硼兩元素均與細胞之生長分化有密切之關係，鈣爲構成植物體中膠層之重要成分，在細胞膜或細胞壁存在較多，具有中和植物體內過剩之有機酸，強化細胞壁組織及調節體內水分等功能。移動性小，缺乏時新生部位易受影響，缺乏症狀有蕃茄尻腐症，白菜和芹菜之心腐症等。硼則與細胞分裂，花粉受粉，養分吸收及糖分之輸送等有密切關係，移動性亦小，故缺乏時生長點之生長停止，變脆、變黃而枯死；根部或莖部之中心部分變黑，根莖類缺硼時易生心腐病，缺硼之症狀與缺鈣者相似[2,3,17]。而本試驗中山葵葉片及葉柄內鈣含量爲1.5～2.8%，根莖及根則爲0.6～0.9%，均明顯低於日本所種植山葵之鈣含量（分別爲：葉片及葉柄約3.0～4.0%，根莖約1.0～1.6%）[15]。葉片及葉柄之硼含量爲16～21ppm，根莖及根之硼含量則僅爲11～14ppm，均甚低，雖缺乏前人有關山葵硼含量之資料可資比較，惟與同屬十字花科植物硼含量之22～65ppm 比較，則明顯偏低[2]。本試驗中山葵根莖及根之鎂含量爲0.22～0.28%，與日本山葵根莖鎂含量約0.25相近[15]。鎂爲葉綠素之成分，與葉片光合作用有密切關係，在植物體內移動性大，故缺鎂時徵狀先呈現於老葉，由葉脈間黃化，與葉脈周圍之綠色成明顯對比[2,9,17]。而本試驗中，山葵生長之期間，並未觀察到植株老葉有任何缺鎂之症狀，即使是對照區亦是如此。由於本試驗中山葵植體內鈣及硼含量均明顯偏低，考量鈣素及硼素之營養生理功能，及缺乏時產生之症狀，研判與根莖黑心症之產生有關聯。當然也會影響山葵之生育與產量。

表 8 中根莖條斑病之感染情形，以對照區最爲嚴重。施用苦土石灰且無隧道式設施之 C 及D 處理區根莖之條斑病嚴重度顯著地較對照區低，條斑病株百分率亦較對照區略低，其它項目則無差異。值得注意的是，有苦土石灰及隧道式設施之 A 及 B 處理，植株之葉部、分櫱苗及根莖之條斑病株百分率及條斑病嚴重度不但均顯著地較對照區低，也顯著較同樣施用苦土石灰但無隧道式設施之 C及 D 處理低，顯示隧道式設施確實具有防止病害傳播之功能。

表 8. 山葵植體由眞菌*Phoma wasabiae* Yokogi 感染形成條斑病之評估

Table 8. Evalution of streak disease caused by *Phoma wasabiae* Yokogi on the wasabi

Treatment	Disease incidence of leaf (%)	Disease severity of leaf (%)	Disease incidence of tiller (%)	Disease incidence of rhizome (%)	Disease severity of rhizome (%)
A	37.1b[z]	11.8b	20.0b	30.0c	6.7c
B	44.1b	15.9b	18.3b	32.5c	7.8c
C	71.8a	33.6a	32.5a	70.0ab	17.0b
D	66.0a	31.9a	33.5a	50.0bc	12.5bc
E	67.7a	31.6a	40.8a	92.5a	34.0a

[z] means with the same letter in each column are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

圖 3 係根莖及根之鈣含量與根莖黑心症嚴重度及條斑病嚴重度之相關圖，顯示鈣含量與兩者間均具負相關。圖 4 則顯示硼含量亦與兩者間均存在有負相關。硼含量與黑心症間呈極顯著之負相關，亦即根莖硼含量愈低，根莖黑心症嚴重程度愈高。圖 5 中根莖黑心症嚴重度與條斑病嚴重度之間呈顯著正相關。顯示根莖罹患黑心症之程度愈高，其受眞菌 *Phoma wasabiae* Yokogi 感染而形成條斑病之維管束褐化程度也愈嚴重。綜合前面各項結果。可知鈣及硼營養與山葵根莖產生黑心症及條斑病間有密切相關。彼此間之詳細關係如何，值得進一步加以探討釐清。

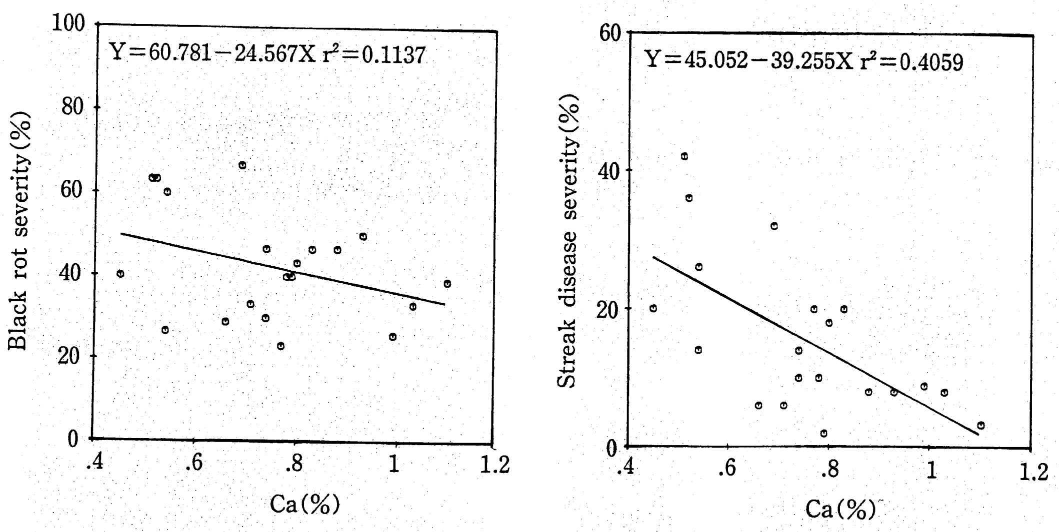

圖 3. 山葵根莖及根之鈣含量與根莖黑心症嚴重度及條斑病嚴重度之相關

Fig. 3. Relationship between calcium content (in rhizome+root) and rhizome black rot severity or streak disease severity of wasabi

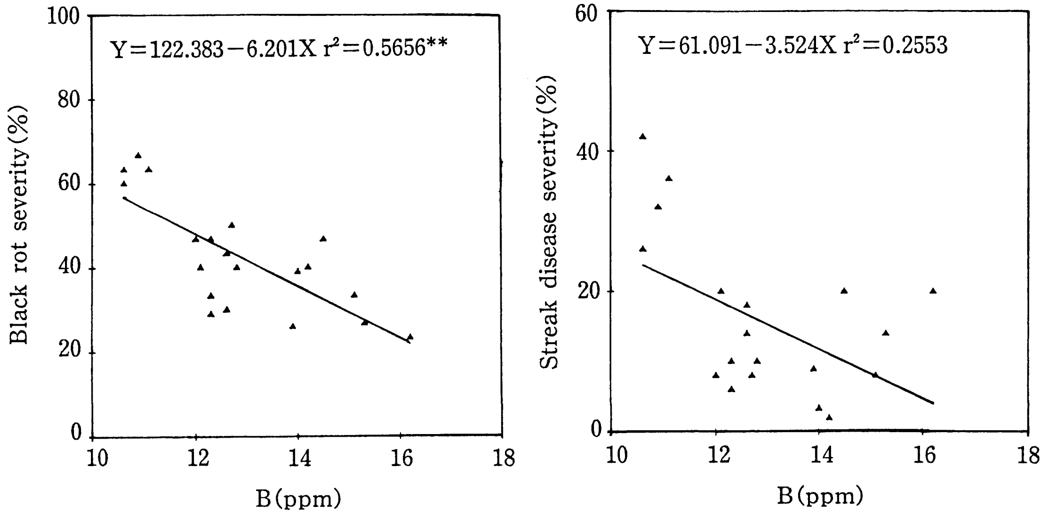

圖 4. 山葵根莖及根之硼含量與根莖黑心症嚴重度及條斑病嚴重度之相關

Fig. 4. Relationship between boron content (in rhizome+root) and rhizome black rot severity or streak disease severity of wasabi

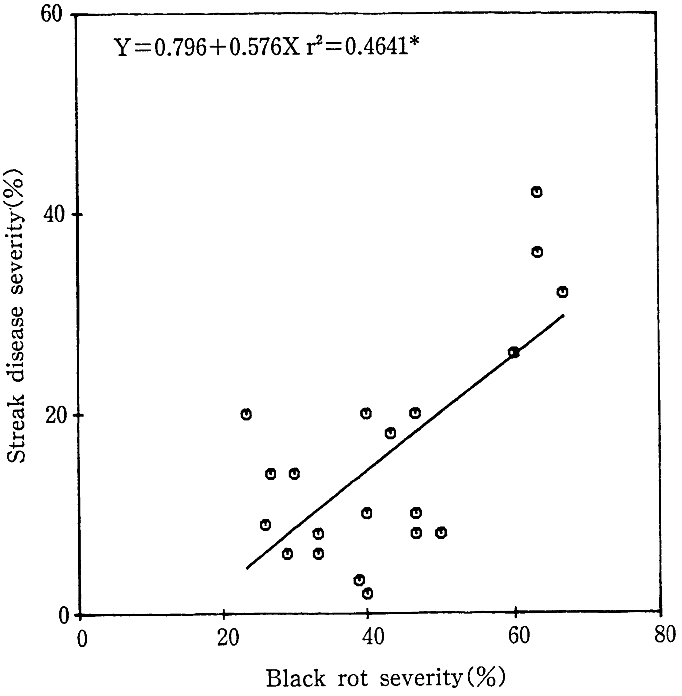

圖 5. 山葵根莖黑心症嚴重度與條斑病嚴重度之相關

Fig. 5. Relationship between the rhizome black rot severity and the streak disease severity of wasabi

誌　謝

本報告承本所農化系研究員兼系主任連深博士指導及斧正，謹此誌謝。

引用文獻

1. 土壤分析手册第二版。1995。中華土壤肥料學會主編。臺中。
2. 王銀波。1985。植物營養學。23～53頁。國立中興大學出版。臺中。
3. 何聖賓、洪崑煌。1991。臺灣主要耕地土壤熱水可溶硼素的研究(一)分析方法的檢討。中華農業化學會誌 29(2)：135～144。
4. 邱年永。1973。藥用植物栽培法。94～97頁。大學圖書出版社。臺北。
5. 胡敏夫、邱善美、劉新裕。1986。不同環境對山葵生長與產量之影響。中華農業研究 35(3)：292～299。
6. 胡敏夫、邱善美、羅朝村、劉新裕、杜金池。1991。山葵臺農1號之育成。中華農業研究 40(1)：13～27。
7. 陳振鐸。1977。酸性土壤之化學與肥培。91～109頁。臺灣商務印書館發行。臺北。
8. 張淑賢、何聖賓。1995。土壤分析手册第二版一硫、硼、鉬、氯。334～344頁。中華土壤肥料學會主編。臺中。
9. 連　深。1981。作物需肥診斷技術一作物營養障礙徵狀。60～65頁。臺灣省農業試驗所編印。臺中。
10. 連　深、王鐘和、黃維廷。1992。石灰資材之品質及評估。酸性土壤之特性及其改良研討會論文集。8—1～8—12頁。中華土壤肥料學會編印。臺中。
11. 連　深、王鍾和。1994。酸性土壤之管理。農藥世界 125：22～25。
12. 連　深。1994。酸性土壤落花生之營養障礙及其改進。臺灣東部問題土壤改良研討會論文集。165～177頁。中華土壤肥料學會與臺灣省花蓮區農業改良場共同編印。臺中。
13. 連錦漳、李國忠。1990。臺灣山葵產銷之分析。臺灣農業 26(4)：7～12。
14. 廖敏卿。1973。訪阿里山陳嶧焜談山葵栽培經驗。豐年叢書。191～195頁。豐年杜。
15. 足立昭三。1987。ワサビ栽培。秀潤社。pp. 13—165。
16. Masao, G. and M. Kunihiko 1986 Causal agents associated with internal black rot syndrome of Japanese horse radish (*Entrema wasabi* Maxim). Ann. Phytopath. Soc. Japan 52：59～68.
17. Mengel, K. and E. A. Kirkby 1982 Principles of Plant Nutrition. pp. 437—540. Published by International Potassh Institute P. O. Box, CH—3048 Wordlaufen-Berny Switzerland.
18. Reisenauer, H. M. L., M. Walsh and R. G. Hoeft 1973 Chapter 12. Testing soils from sulfer, boron, molybdenauem, and chlorine. In Soil Testing and Plant Analysis Rev. ed., L. M. Walsh and J. D. Beaton, eds. pp. 173—200. Soil Sci. Soc. Amer. Inc., Madison, Wisconsin.

Effect of Tunnel System, Dolomite Powder and Rice Hull on the Yield and Quality of Wasabi (*Wasabia japonica* Matsum)[1]

Chong-Ho Wang[2], Kuei-Mei Wang[3] and Min-Fu Hu[4]

Summary

The purpose of this study was to investigate the effect of applied dolomite powder, rice hull and tunnel system on the yield and quality of wasabi (*Wasabia japonica* Matsum) . Some of the results were summarized as follows: Applied dolomite powder increased soil pH value, that also increased whole plant fresh weight and iccreased salable rhizome yield significantly, applied rice hull had no positive effect on plant growth. Tunnel system induced higher light shading, conducted to lower growth rate at winter and spring season, resulted in a lower yield. Tunnel system could avoiding the quality decreased dued to streak diseased caused by *Phoma wasabiae* Yokogi. Rhizome black rot severity and streak disease severity both had a negative relation with the calcium or boron content in wasabi. Rhizome black rot severity also had a positive relation with the rhizome streak disease severity of wasabi.

Key words : Dolomite powder, Rice hull, Tunnel system, *Wasabia japonica* Matsum.

1. Contribution No. 1831 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Assistant Soil Scientist, Department of Agriculture Chemistry, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant, Department of Plant Pathology, TARI.
4. Assistant Agronomist, Department of Agronomy, TARI.